

한국형 HLA(High Level Architecture) 적합성 인증시험 체계 및 절차 연구

조희진[†] · 이종호 · 김재만

A Study of the HLA Compliance Testing System and Procedures for ROK

Hee-Jin Jo[†] · Chong-Ho Lee · Jae-Man Kim

ABSTRACT

High Level Architecture(HLA) for modeling and simulation is an international technical standard to achieve simulation interoperability and reusability. Building federation through the interworking of federates is being used in various fields and is being used in KR(Key Resolve), UFG(Ulchi-Freedom Guardian) as a representative in domestic military.

Currently, United States Department of Defense emphasizes the HLA compliance test, which confirms the compliance of Federate by using HLA. However, due to the limitations of testing tools, an HLA compliance test of DoD is not able to perform some of the functional tests on HLA/RTI services such as federation storage/recovery services and also exclude inspection of exchange data between federates. To solve these problems, this paper proposes an HLA compliance testing system of ROK suitable for domestic situations. This will enable effective HLA compliance testing and improve interoperability between federates.

Key words : HLA, HLA Compliance Test, Interoperability Standard, Federate, M&S, Simulation

요약

HLA(High Level Architecture)는 시뮬레이션의 재사용성 증진과 상호운용성 확보를 목표로 하는 국제기술표준이다. 전 세계적으로 HLA 기반 페더레이트 간의 연동을 통한 페더레이션 구축이 다양한 분야에서 적용되고 있으며, 국내 군사 분야에서는 KR/UFG 한미 연합연습 등에서 활용되고 있다. 현재 미 국방성에서는 페더레이트의 HLA 준수여부를 사전에 확인하는 HLA 적합성 인증시험이 강조되고 있다. 그러나 미국의 인증시험은 인증도구의 제한사항으로 인해 페더레이션 저장/복구 서비스 등 일부 HLA/RTI 서비스들에 대한 기능검사는 불가능하며 페더레이트 간의 교환데이터에 대한 검사 또한 배제되어 있다. 본 논문은 이러한 문제를 해결하기 위해 국내 실정에 맞는 한국형 HLA 적합성 인증시험 체계를 제안한다. 이를 통해 효과적인 인증시험 수행이 가능하며 각 페더레이트들 간의 상호운용성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : HLA, HLA 적합성 인증, 상호운용성, 페더레이트, 모델링&시뮬레이션, 시뮬레이션

1. 서론

국방 분야에서는 전장환경을 다양하고 실전감 있게 모의하기 위해 국방 모델링&시뮬레이션(M&S)을 활용하고 있다. 모델링&시뮬레이션은 다양한 분야에 널리 적용되고 있는 기술이며, 국방 분야에서는 전쟁 상황에 대한

모의환경, 연습 및 전투실험, 예측능력 등을 제공한다. 모델링(Modeling)은 실제계인 전장환경, 무기체계, 전투 등에 대한 수학적, 물리적, 논리적 표현을 통해 모델을 개발하는 절차이며, 시뮬레이션(Simulation)은 개발된 모델을 시간의 흐름상에서 실행 후 결과 획득으로 실제체계에 대한 교육, 연구, 조사, 분석 수단으로 활용하는 기법이다.

현대의 과학과 기술이 발달함에 따라 군사작전요구사항은 증가하고 있으며, 한정된 국방자원으로 이를 충족시키는 것은 점점 어려워지고 있다. 이에 따라 시뮬레이션의 필요성도 점점 증가하고 있으며 다양한 기술이 발전하고

Received: 20 November 2017, Revised: 18 December 2017,
Accepted: 2 January 2018

[†] Corresponding Author: Hee-Jin Jo
E-mail: heejin@dtqa.re.kr

있다. 한정적인 국방예산과 자원을 활용하여 다양한 전장 환경을 모의하기 위해서 시뮬레이션의 재사용과 연동운용을 통한 유지비용 최소화과 효과 극대화에 대한 이슈가 나타나게 되었다. 예를 들면, 전투기와 전차를 기반으로 발발하는 전장환경을 모의하기 위하여 전투기와 전차라는 객체와 피해평가 기능을 모두 갖는 단일모델을 만드는 대신에 전투기 모의모델, 전차 모의모델, 피해평가 모의모델을 연동하여 활용한다면 더욱 다양한 전장환경을 모의할 수 있으며, 재사용성의 증대를 기대할 수 있다.

이러한 이슈 해결을 위해 모델 간 연동기술이 출현하였고, 대표적인 연동표준으로 HLA(High Level Architecture)가 1990년대 미 국방성에서 개발되어 현재까지 널리 활용되고 있다.

현재 한·미 연합연습에 활용되는 모델들은 모두 HLA를 준수하여 RTI(Runtime Infrastructure)¹⁾ 기반에 의한 연동을 이루고 있으며, 모델간 상호운용성 보장과 원활한 훈련참여를 위해 신규 개발되는 모델이 HLA를 준수하는 것은 중요한 이슈이다. 이와 관련하여 신규 개발 모델의 HLA 준수여부에 대한 사전검증을 미 M&SCO(Modeling & Simulation Coordination Office)²⁾에서는 1995년부터 HLA 적합성 인증시험을 통해 동맹국을 포함하여 제공하였으며, 한국군도 2011년 이전까지는 HLA 기반의 모델에 대해서는 미측으로부터 인증을 받아왔다. 그러나, 미측 인증시험의 경우 인증시험도구의 제한사항으로 인해 일부 HLA 서비스(페더레이션관리, 시간관리 서비스 등)에 대한 기능검사와 송수신 데이터 검증 등이 불가능하였으며, 인증시험 중 발생하는 오류의 원인파악 등이 어려운 경우가 다수 존재하였다. 국내에서는 방사청 및 기품원 등 유관기관에서 2011년 미 국방성의 정책의 변화(인증시험 유료화 전환)와 미측 인증시험의 기술적 제한사항들을 극복하고자 2013년부터 한국형 인증시험체계를 단계적으로 구축하였고 단계별로 성능개량 중에 있다.

본 연구에서는 HLA 기반의 모델에 대한 표준 준수 여부에 대한 사전점검 및 인증을 위해 KSIMS 관리도구를 활용한 한국형 HLA 적합성 인증시험체계 구축방안을 제안하고 이를 활용한 HLA 적합성 인증시험 절차를 정립하고 인증시험 결과를 살펴본다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 본 논문과 관련된 내용을 소개하고, 3장에서는 제안하는 인증시험체

계의 설계 및 구현 방안을 설명한다. 4장에서는 인증시험 절차 및 수행 사례를 소개하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 국방 모델링&시뮬레이션과 상호 연동운용 이슈

국방 모델링&시뮬레이션은 실체계에 대한 표현이며, 어떤 모델과 시뮬레이션도 실체계를 완전하게 나타내지는 못한다. 또한 신기술 발달에 따라 날로 증가하는 군사 작전요구사항을 충족하기 위해 모델 간 연동 운용으로 재사용성을 증대시키고, 다양한 전장환경을 실전감있게 모의할 수 있도록 여러가지 연동기술이 출현했다.

1983년 미측에서 소부대 훈련을 위한 탱크 시뮬레이터간 연동을 위해 SIMNET(Simulator NETWORKing)이 개발되었으며, 이를 기반으로 성능개선과 표준화를 적용한 DIS(Distributed Interactive Simulation)가 출현하였다. 사용자 데이터그램 프로토콜(UDP, User Datagram Protocol)을 활용하며 시뮬레이터 중심의 연동기술인 DIS에 비해 메시지 기반 프로토콜을 활용하며, 시뮬레이터가 아닌 모델 간 연동을 위한 ALSP(Aggregate Level Simulation Protocol)도 유사한 시기에 출현하였다. 다양한 연동기술 표준들이 출현하고 사용됨에 따라 미 국방성에서는 이러한 표준들의 장점을 취합하는 프로그램을 착수하였고, 다양한 표준들의 단점을 보완하고 데이터 처리과정에 발행/구독(Publish/Subscribe) 개념을 적용시킴으로써 네트워크 전송량을 감소시킨 특징을 갖는 연동표준이 HLA이다.

또한, HLA를 보완하고 미들웨어 구매비용 절감을 위해 개발한 TENA(Test and Training Enabling Architecture)와 실기동훈련 등 여러 가지 훈련체계의 연동을 목적으로 개발된 CTIA(Common Training Instrumentation Architecture)가 존재한다. 이러한 아키텍처들의 발전경과는 Figure 1에서 보는 바와 같다. 각각의 연동표준은 모델 간 연동을 위해 제공하는 기능이 다소 상이하며, 사용 목적에 따라 선택적으로 활용되어지고 있으며, 현재 한국군 내에서는 한·미 연합연습 등 주요 연습에 참여를 위해 대다수의 위게임 모델이 HLA 기반으로 개발되어 활용 중이다.

2.2 HLA 개념

HLA는 DMSO³⁾에서 1990년대 미군 구조 축소 및 국

1) RTI(Runtime Infrastructure), HLA를 준수하는 모델 간 연동시 정보교환 서비스기능들을 제공하는 미들웨어, 운용기반 S/W입

2) Modeling & Simulation Coordination Office, 미 국방성 획득기술군수차관실 소속기관으로 국방 M&S 관련 업무에 대한 조정협력 기능을 수행함

3) DMSO(Defense Modeling & Simulation Office), 미 국방성 산하기관으

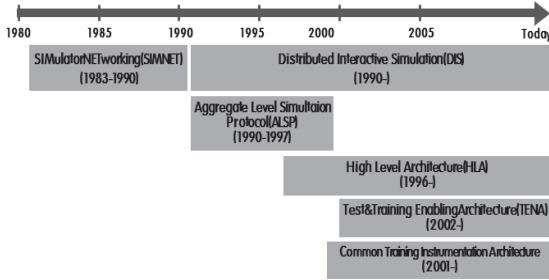


Fig. 1. Progress of the Interoperability Standards

방예산 삭감 등으로 감소되는 국방자원의 어려움을 극복하며 전투력 투자, 합동작전 요구 등 증가하는 작전요구를 충족시키기 위해 모델 간 상호연동 운용 및 재사용성 보장을 위한 기반표준으로 구상되어 1998년도에 미 국방성 표준으로 HLA1.3이 출현했다. 이후 2000년도에 일부 개정되어 국제전기전자기술자협회표준(IEEE 1516-2000)으로 등재되었으며, 이후 일부 보완을 통해 신규버전(IEEE1516-2010)으로 제정되었다.

HLA는 분산된 시뮬레이션 및 모델 간 공동데이터 교환 방식을 통해 자료교환 기능과 연동능력을 제공하며, 선 표준화, 후 모델 개발 및 연동 개념(Plug & Play)을 적용한다. 체계 간 연동을 위해 필요한 6대 서비스(페더레이션관리, 선언관리, 객체관리, 소유권관리, 시간관리, 데이터분배관리)를 제공하며 준수하여야 하는 공통된 규약 및 개념을 정의하고 있다.

HLA의 구성요소는 크게 규칙, 인터페이스명세, 객체 모델 템플릿으로 구성된다. 첫째, 규칙은 모델 간 연동을 위해 페더레이트⁴⁾와 페더레이션⁵⁾이 각각 준수해야 할 규칙 10가지를 정의하고 있다. 각각의 규칙은 Figure 2와 같다(Frederick Kuhl, 2000).

둘째, 인터페이스 명세는 페더레이트와 RTI간에 데이터 교환이 가능하도록 제공하는 6대 서비스 기능들을 명세한다. 페더레이션 관리 서비스는 페더레이션 생성, 파괴, 저장, 복구, 동기화 등 페더레이션 통합을 위한 기능들을 전반에 걸쳐 제공한다. 선언관리 서비스는 객체 및 상호작용 Publish, Subscribe 및 핸들값 획득 등 페더레이트 간 데이터 송수신을 위한 대상을 설정하고 채널을 생성하는 기능을 제공한다. 객체관리 서비스는 객체 등

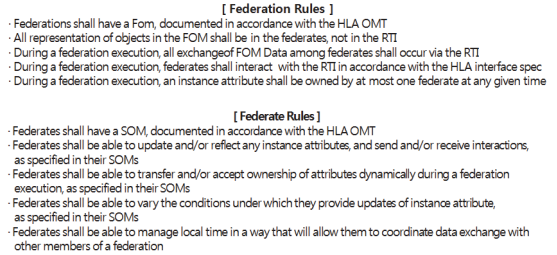


Fig. 2. HLA Rules

록, 객체 삭제, 속성값 갱신, 상호작용 송수신 등 페더레이트 간 데이터의 교환을 위한 기능을 제공한다. 소유권 관리 서비스는 소유권 이양, 획득 등 페더레이트 간 정보 교환 시 객체 속성의 갱신 권한인 소유권 교환을 위한 서비스들을 제공한다. 시간관리 서비스는 시간정책 설정, 동기화, 시간 진행요청 및 승인 등 페더레이션 내의 각 페더레이트들에서 발생하는 사건들이 순서대로 전달되도록 보장해 주기 위한 기능들을 제공한다. 데이터분배관리 서비스는 영역생성 및 삭제 등 페더레이션 내에서 방대한 데이터가 교환될 때 RTI를 통한 데이터 전송량 감소 효과를 위한 기능을 제공한다. HLA를 적용하여 개발되어지는 페더레이트는 인터페이스 명세를 따라 상호 연동 되도록 설계되어야 한다.

셋째, 객체 모델 템플릿은 상호교환을 위해 페더레이트가 가지는 정보에 대한 문서화를 위한 공통된 표현양식이다. SOM(Simulation Object Model)⁶⁾, FOM(Federation Object Model)⁷⁾ 등으로 구성되어지며 각각의 템플릿 내에는 객체 클래스 구조 테이블, 상호작용 클래스 테이블, 속성 및 파라미터 테이블 등으로 구성이 된다. HLA를 사용하여 개발되는 페더레이트는 객체 모델 템플릿 양식에 맞춰 SOM, FOM을 설계하여야 한다(Dahmann., 1997).

2.3 HLA 적합성 인증시험 개요

표준 적합성 시험이란, 어떤 특정한 기술표준을 준수하여 시험대상이 구현되었는지를 확인하는 절차이다. 따라서, HLA 적합성 인증시험은 HLA 표준을 사용하여 개발된 모델의 표준 준수 여부에 대한 시험이다. 하나의 페더레이트가 연동표준을 준수하였는지 확인을 위해서는, HLA의 3대 구성 요소인 규칙, 인터페이스 명세서, 객체

로 HLA 프로그램을 착수하였으며, 이후에 M&SCO로 기관명 변경됨
 4) Federate, HLA를 준수하는 단일 M&S 체계를 지칭함(예 : 모델, 시뮬레이터, 실제계 등)
 5) Federation, 특정한 연동목적을 위한 페더레이트의 집합체로 연동체를 뜻함(예 : 연합연습 연동체)

6) SOM(Simulation Object Model), 페더레이트가 타 체계와 연동 시 교환 가능한 자신의 정보(객체/속성 및 상호작용/파라미터)를 명세한 객체목록
 7) FOM(Federation Object Model), 페더레이션 내에서 상호 교환해야 할 자료, 즉 공용정보에 대한 정보(객체/속성 및 상호작용/파라미터)를 명세한 객체목록

모델 템플릿을 준수여부에 대해 적합성 시험을 통해 평가하게 된다. HLA 적합성 인증시험을 통해 모델의 연동 기능을 사전 점검함으로써 모델의 연동기능 보완 및 상호운용성 증진을 기대할 수 있다.

1995년도부터 미 M&SCO는 HLA 연동표준의 출현에 따라 인증시험 절차와 시험도구를 개발하여 인증시험을 수행해왔다. 그리고 북대서양조약기구(NATO)는 미측 인증시험도구를 지원받아 2003년부터 프랑스에서 수행 중에 있으며(Jean-Louis, I,2002; NATO STANAG 4603, 2008), 미측의 동맹국 대상 인증시험 유료화 정책으로 변화에 따라 2013년부터 한국에서도 한국형 인증시험체계를 구축하게 되었다.

2.4 미국 HLA 적합성 인증시험 개요

1995년도 미 국방 분야에 HLA 표준의 출현에 따라 연동환경 보장을 위한 HLA 적합성 인증시험을 미 M&SCO에서는 함께 제도화하였으며 수행 중에 있다.

미국 HLA 적합성 인증시험의 수행절차는 정적검사와 동적검사로 구성이 된다. 정적검사에서 인증 대상 체계에 대한 HLA 관련 산출문서인 서비스명세서(CS)⁸⁾, SOM, FOM이 HLA 3대 구성요소들을 준수하여 작성되어 있는지에 대한 적합성 및 문서 간 상호 일관성을 확인한다. 이어서, 동적시험은 실시간 연동검사를 통해 인증 대상 체계와 인증시험체계를 연동하여 시험환경을 구축 후, 대상체계의 연동인터페이스 기능을 검사한다. 해당검사를 위해 인증시험도구로는 검사도구인 FCTT(Federate Compliance Testing Tool)⁹⁾와 검사 전 과정을 관리하는 FTMS(Federate Test Management System)을 개발하여 사용 중이다. 인증시험을 위한 시험환경 구성도는 Figure 3과 같다.

해당 인증시험의 경우 인증대상모델이 준비한 CS에 명세된 서비스들을 기준으로 대상모델의 HLA 인터페이스가 표준함수들로 구현되어 작동하는지에 대한 검사를 수행하며, 대상모델이 등록하는 객체 및 상호작용이 수~수백 개라도 임의로 3개의 항목에 대해서만 부분검사를 수행하였다. 또한 3개의 객체 및 상호작용의 페더레이트 간 전송여부만 확인할 뿐, 해당 객체 특성에 맞는 데이터를 포함하여 처리하고 있는지에 대한 데이터 값 검증 등은 함께 이루어지지 않는다. 이는 미측 인증시험의 경우

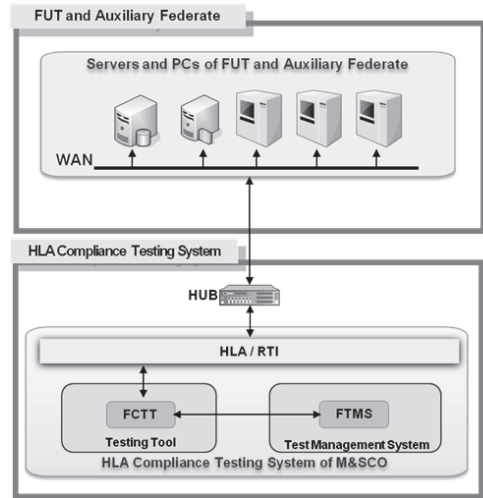


Fig. 3. Testing System Architecture of M&SCO

대상모델의 개발배경이나 모델특성 등에 대한 고려 없이 HLA 인터페이스의 표준 준수 여부에 대해서만 검사를 수행하기 때문이다. 그리고 인증시험도구인 FCTT는 하나의 페더레이트로 페더레이션에 참여하여 인증대상모델이 발생시키는 HLA 서비스 및 객체정보들을 받아들여 전시해주는 기능을 하는 인증시험도구로써 몇 가지 제한사항을 포함하고 있다. 페더레이션 전반에 대한 관리 및 제어가 불가능하며, 시간진행 및 동기화를 포함하는 시간 관리 서비스 등을 발생시켜 검사할 수 있는 기능이 없다. 또한 송수신되는 객체정보에 대해서도 호출횟수만 확인만 가능할 뿐 데이터 값에 대한 검증은 불가능하였다. 이로 인해 인증대상모델의 시간관리 서비스 등 일부 서비스에 대한 인터페이스 검사 및 데이터검증 등이 불가능하였다. 또한 인증시험기간 중에 페더레이션 전반을 통제하고 관리 및 확인할 도구가 없기에, 대상모델과 인증시험도구 간 페더레이션 운용 시 특정오류가 발생하였을 때 문제발생 원인을 식별하기도 쉽지가 않았다.

따라서 본 논문에서는 이러한 제한사항들을 중점적으로 개선된 한국형 인증시험체계를 설계 및 구현하였으며 인증시험항목 등을 재정립하였으며, 이를 활용한 인증시험을 수행하였다.

3. 체계 설계

3.1 한국형 HLA 적합성 인증시험체계 구성

미측 인증시험체계의 제한사항을 극복하기 위해 페더레이션에 대한 전반적 통제 및 시간관리 서비스 등에 대

8) Conformance Statement, 페더레이트가 사용하는 HLA/RTI 서비스를 기술한 목록

9) Federate Compliance Testing Tool, HLA 주요 인증도구로, 미 M&SCO에서 FMS로 도입함

한 검사 기능 및 데이터 검증 등의 기능적 보완이 필요했다. 데이터 값 검증은 HLA 3대 요소인 객체 모델 템플릿 중 SOM, FOM 내 설계된 대로 각 객체 및 속성의 데이터타입 등을 포함하고 있는지에 대한 확인을 위해 포함되어야 한다. 한국형 HLA 적합성 인증시험체계 구축을 위해 미측 페더레이트 검사도구(FCIT)를 대외군사판매(FMS)를 통해 도입하고 한국군위게임연동체계(KSIMS) 관리도구¹⁰⁾를 합참/연합사로부터 기술이전 받아 인증시험체제로 개선하여 활용하였다. 인증시험 환경 구성은 Figure 4와 같이 이루어지며, HLA 인증시험체계는 미측 인증시험도구와 4종의 한국군 위게임 연동체계 관리도구를 포함하여 총 5가지 종류의 S/W로 구성하였다(H.J. Jo., 2014). 인증시험체계 활용을 위해 KSIMS 관리도구는 연동모듈 개발 및 기타기능 개선을 통해 활용하였다.

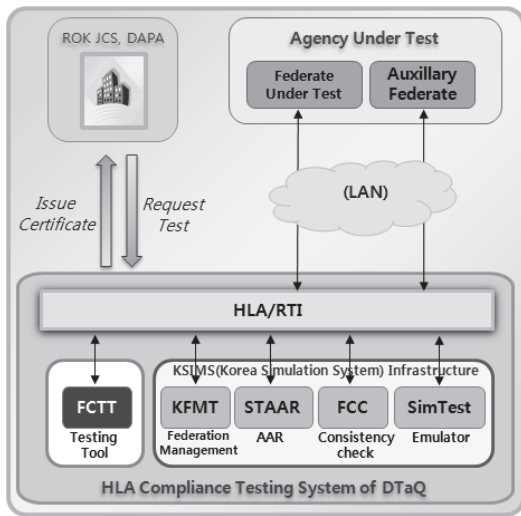


Fig. 4. HLA Compliance Testing System

FCTT는 정적검사에서 CS, SOM, FOM의 문법적 오류 및 일관성 오류에 대해 식별이 가능토록 전시와 알림 기능을 가지고 있으며, 동적검사에서 실시간 연동검사를 통해 대상체계의 인터페이스 기능과 서비스 호출 기능을 확인가능토록 호출 함수명 및 횟수를 전시해주는 기능을 가지고 있으나, HLA 서비스 중 페더레이션 저장/복구, 시간 관리, 데이터분배 관리 서비스 등에 대한 기능검사가 불가능하다(Joseph Bondi., 2013). 이를 보완하기 위해 결합한 KSIMS 관리도구는 페더레이션관리도구

(Korea Federation Management Tool, KFMT), 사후검토도구(System for Theater level After Action Review, STAAR), 일관성검사도구(Federation Cross Checker, FCC), 가상모의생성도구(SIMulation Tester, SimTest)로 구성되어있다.

KFMT는 페더레이션 운용 전반에 걸쳐 관리 및 통제가 가능하다. 본래 훈련 시 페더레이션 내 참여 페더레이트들의 상태확인 및 통제를 위해 활용되어지나, 인증시험에서는 인증시험 중 인증대상 체계와 인증시험체계의 상태를 확인 및 통제하기 위해 활용하였다. 인증시험 수행 중 인증대상체계가 멈춰있거나 진행에 문제가 있는 상태인지에 대한 확인이 가능하며, 페더레이션 생성, 참여, 탈퇴, 시간진행, 동기화, 저장 및 복구 등 HLA/RTI 서비스에 대해 상태 확인 및 통제가 가능하다. KFMT는 페더레이트로서 페더레이션에 참여하여 RTI에서 제공하는 관리객체모델(MOM: Management Object Model)을 통하여 페더레이션의 상태를 감시하며 참여중인 다수의 페더레이트에 대한 관리 및 통제가 가능하다. 해당도구를 통해 기존의 인증시험에서 확인이 불가능하던 HLA 서비스들에 대한 검사수행과 페더레이션 관리를 통해 인증검사 수행 시 발생하는 오류의 원인식별도 가능해졌다.

STAAR는 페더레이션 내 송수신 데이터 로그수집과 상황도 전시를 통한 상황재연 기능을 보유하고 있다. 본래 훈련 시 연동 환경 내 모의되고 있는 상황들을 실시간 전시하며 사후분석을 지원하기 위해 활용되어지나, 인증시험에서는 인증시험 중 인증대상체계의 송수신 데이터 값을 수집하여 분석하기 위해 활용하였다. 인증시험 수행 중 연동데이터 로그를 수집하여 분석함으로써 대상체계가 데이터를 처리함에 있어서 사전 합의된 데이터타입 등에 맞춰 처리가 이루어지고 있는지 검증이 가능하게 되었다. 또한 실시간으로 연동데이터를 수집하여 상황도에 전시함으로써 모의상황에 대한 가시적 확인도 가능하다. STAAR는 페더레이션의 FOM을 활용하여 데이터타입 등에 대한 환경파일을 입력받으며, 수집정보에 대해서는 텍스트 형태로 로그저장을 통해 저장 및 재생이 가능하다.

FCC는 페더레이션에 관한 실행계획을 작성 후 운용하면서 계획 대비 운용 상태에 대한 실시간 감시가 가능하다. 본래 훈련 시 모의체계 안정성 향상을 위해 페더레이션 실행계획 작성 및 검사와 열거형 데이터(Enumeration Data)를 검사하기 위해 활용되어지나, 인증시험에서는 인증시험 중 인증대상체계에 대한 실시간 감시기능을 하며 FCTT와 교차시험을 통한 이중 확인을 위해 활용한다. 작성한 실행계획은 실시간 감시기능의 입력파일로 활용

10) Korea Simulation Systems, 한국군 위게임 연동체계 관리도구로 KFMT, STAAR, FCC, SimTest 4가지 S/W로 구성됨

되어지며, HLA 서비스(페더레이션/선언관리/객체관리/소유권 관리 등)별 사용유무와 정해진 객체와 상호작용 등의 사용유무에 대한 확인이 가능하다. 따라서 FCTT의 보조역할이 가능하다.

SimTest는 로그파일 작성 및 재생을 통한 일종의 에뮬레이터 역할이 가능하며 가상환경 모의기능과 로그재생 기능을 통해 정량적 부하발생기로 활용이 가능하다. 본래 훈련 시에는 페더레이션의 수행능력을 시험하기 위해 부하발생기로 활용되어지나, 인증시험에서는 인증대상체계의 수신능력 확인을 위한 보조모델의 역할을 대체하고 지원하기 위해 활용된다. 가상의 이벤트를 생성할 수 있는 로그재생기능을 활용한 정량적 부하발생기로 활용이 가능하며, 로그파일 작성 및 재생기능으로 가상환경 모의로 보조모델로서 수행이 가능하다.

이렇듯 기본적으로 미측의 인증도구인 FCTT를 FMS로 도입하여 주요기능은 유지한 채, 일부 오류사항만 수정하여 활용하고 있으며, KSIMS 관리도구를 활용한 한국형 인증시험체계 구축 이후에 미 M&SCO로부터 교육 및 국내 1회 인증시험의 공동수행을 통해 한국형 인증시험체계를 활용한 HLA 인증시험이 미측의 인증시험과 동일한 효력을 가치를 인정받았다. 또한 KSIMS 관리도구의 경우 본래 국방 훈련분야에 활용을 위해 개발되었으나, HLA 인증시험체계로의 활용시에는 STAAR의 상황도 전시 기능을 제외한 다수의 인증시험체계의 기능을 활용하여 국방모델 이외의 HLA 기반의 모델에서도 인증시험이 가능하다.

3.2 HLA 적합성 인증시험 절차 정립

HLA 적합성 인증시험의 절차는 미국 인증시험 절차에 준하여 실시하되 세부 수행절차를 개선하는 방향으로 재정립하였다. HLA 인증시험은 크게는 2단계(정적시험 및 동적시험)로, 세부적으로는 5단계로 구분하였다.

우선 2단계 구분법을 기준으로 살펴보면, 정적시험은 인증 대상 체계에 대한 HLA 관련 산출문서인 CS, SOM, FOM 등에 대한 검사이며 해당문서들이 HLA 3대 구성요소들을 준수하여 작성되어 있는지에 대한 적합성 검사와 문서 간 상호 일관성검사를 수행한다. 여기에 추가적으로 대상모델의 요구사항이 반영되어있는 RFP를 함께 제출받아 정적검사에서의 CS, SOM, FOM 등이 해당모델의 연동관련 개발요구사항들을 모두 반영하여 설계가 되었는지에 대한 검증을 수행하도록 하였다. RFP를 통해 대상모델의 주요 연동대상모델 및 필수적으로 포함되어야 하는 객체 및 속성 등 연동정보에 대해 확인이 가능하

며, 인증시험 시에 제출되어지는 CS, SOM, FOM이 필요한 정보를 모두 포함하여 작성되었는지에 대한 확인이 가능하다. 정적검사는 FCTT를 활용하여 대상모델의 CS, SOM, FOM을 HLA 표준과 비교하여 오류사항을 검사한다. 정적검사에서는 오류사항 발생 시, 해당부분은 수정하여 재제출 받은 후 재검사를 수행한다. 이어서, 동적시험은 인증대상 체계와 인증시험체계를 연동하여 시험환경을 구축 후, 대상체계의 연동인터페이스 기능 및 데이터 오류사항을 실시간 연동검사를 통해 확인한다. 우선적으로 대상모델이 활용한다고 CS에 명시한 HLA 서비스들을 모델이 표준에 따라 설계하여 구현하고 있는지에 대한 검사를 시험시나리오에 따라 단계별로 진행한다. 인증대상 모델과 보조모델 간에 페더레이션 구성, Publish/Subscribe 선언, 객체 등록 및 삭제, 상호작용 발생, 시간관리 기능 등 해당모델의 CS 내 HLA 서비스를 순차적으로 확인한다. 각 HLA 서비스들이 원활히 작동되는지 확인을 진행하여, 함께 페더레이션에 참여하고 있는 인증시험체계로 실시간 검사를 수행한다. FCTT를 통해 CS 내 HLA 서비스와 SOM 내 객체 및 속성의 정상 호출여부를 확인하고, KFMT를 통해 페더레이션 시간관리 및 통제기능으로 대상모델이 운용 중 지연을 발생시키지는 않는지 등에 대한 감시를 한다. HLA 서비스 중 페더레이션 저장, 복구, 동기화 관련 기능에 대한 검사시에는 KFMT를 통해 페더레이션에 대한 저장, 복구 및 동기화를 발생시키며 대상모델이 관련 HLA 서비스를 정상처리함을 FCTT를 통해 확인한다. 또한 FCTT를 통해 확인되는 호출함수 및 객체, 속성에 대해 FCC를 통해 교차검사를 진행하며, 각 단계에서 보조모델의 부족한 부분은 SimTest를 활용하여 대상모델이 활용하는 HLA 서비스 전 기능을 발생시킬 수 있도록 한다. 해당 과정에서 오류사항 발생시, 원인을 식별한 후 대상모델의 수정 등을 통해 인증시험은 재개된다. HLA 서비스에 대한 기능검사가 끝나면, STAAR를 활용하여 객체 및 상호작용 송수신 데이터를 분석한다. SOM과 FOM 내에 명시된 속성별 데이터 타입 등을 분석하여 송수신하는 객체 및 상호작용이 적합한 데이터타입 및 값을 처리하고 있는지 확인한다. 예를 들면 특정 무기체계의 발사 좌표값을 위경도로 지정되어있다면, 위도 값의 경우 0~90°값을, 경도 값은 0~180°값으로 처리되고 있는지에 대한 데이터 값에 대한 검증은 추가적으로 수행한다.

세부적으로 5단계로 구분법으로 절차를 보면 다음 Figure 5와 같다. 1단계로 인증시험 대상체계 개발주관기관(합참, 방사청, 각 군 등)으로부터 인증 요청을 접수받

고, 2단계로 HLA 관련 산출물들을 제출받아 정적검사를 수행한다. 3단계로 동적시험 준비단계를 거친 후, 4단계인 동적검사를 수행한 후 결과에 따라 5단계에서 인증서 발급을 완료한다.

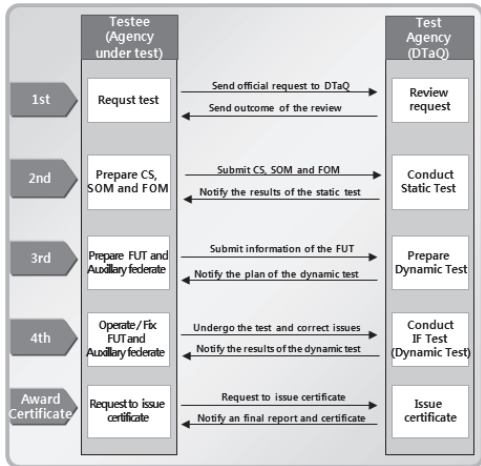


Fig. 5. Process of the HLA Compliance Test

3.3 HLA 적합성 인증시험 수행환경 개선

고도화된 인증시험체계 구축과 더불어서 인증시험 수행절차, 시험항목 및 합격판단 기준 등을 한국군 실정에 맞춰 설계함으로써 인증시험의 실효성을 증대시키기 위한 인증시험 수행환경 개선방안을 연구하였으며 크게 세 가지를 Figure 6과 같이 제안하였다.

첫번째로, 인증시험 대상범위 및 항목을 확대하였다. 모델들이 모델 특성에 따라 수~수백개의 객체 및 속성을 가지고 있으나, 미측에서는 이 중 3개 객체 및 속성에 대해서만 샘플링 검사를 수행한다. 이처럼 일부항목에 대한 검사를 하게 될 경우, 검사되지 않은 객체 및 속성들이 일으키는 오류사항을 식별하지 못하는 경우가 존재한다. 이를 보완하기 위해 본 연구에서는 인증대상모델이 보유한 수~수백개의 객체 및 속성에 대해 한국형 인증시험체계를 활용한 전수검사를 하도록 인증기준을 정립하였다. 그리고 미측 시험은 6대 서비스 중 페더레이션관리 서비스, 시간관리 서비스, 저장 및 복구 기능, 소유권 관리 서비스 등의 HLA 서비스에 대해서는 검사가 불가하였으나 본 시험에서는 KSIMS 관리도구를 활용함으로써 6대 서비스 전 기능에 대한 검사가 가능하다. 또한 송수신데이터에 대한 데이터타입 등에 대한 분석도 추가적으로 수행을 한다.

두 번째로, 미측의 인증시험을 수행함에 있어서는 인

터넷망을 이용하여 연동 환경을 구성하므로, 인터넷망 구성의 어려움과 미측의 방화벽 및 보안정책 등의 문제로 다소 어려움이 존재하였고, 이에 대한 해결을 위한 시간이 과다 소요되었다. 이에 대해 근거리통신망(LAN, Local Area Network)을 이용한 독립망 구성으로 네트워크 문제를 최소화시키고자 적용하였다.

세 번째로, 한측에서 미측 인증시험을 수행 받으려면 시차와 언어의 차이로 어려움이 존재하였으나, 한측에 인증시험체계를 구축하고 수행능력을 확보함으로써 관련된 어려움을 해소하였다. 이에 따라 인증시험 소요기간을 약 3달에서 2~3주로 단축시킬 수 있다. 미측 인증시험의 경우 시험 중 오류사항 식별 시, 모델 오류 관련 정보를 알려주지 않고 수정을 요구하여 오류원인 파악 및 해결에 어려움을 겪으나, 한측 인증시험의 경우 KSIMS 관리도구를 활용함으로써 오류의 원인 파악이 가능하므로, 오류사항에 대해 일부정보를 지원함으로써 이러한 오류해결을 위한 소요시간을 줄일 수 있다.

U.S. HLA Compliance Test		ROK HLA Compliance Test
<ul style="list-style-type: none"> ○ Minimum object(3 Instances/Attributes) ○ Part of the HLA Services that FUT use except for time management,synchronization,save and restore, etc. 	Test object	<ul style="list-style-type: none"> ○ All object(Tens or Hundres Instances/Attributes) ○ All of the HLA Services that FUT use
<ul style="list-style-type: none"> ○ Email, Chatting / 3Months - A difficulty of communication 	Communication /Period	<ul style="list-style-type: none"> ○ Face-to-face test / 2~3 Weeks
<ul style="list-style-type: none"> ○ WAN(Wide Area Network) - Many problems about network are occurred 	Network	<ul style="list-style-type: none"> ○ LAN(Local Area Network) - Many problems about network are reduced

Fig. 6. A Comparison of the HLA Compliance Test in U.S and ROK

4. 체계 운용사례

4.1 HLA 적합성 인증시험 수행경과

한국형 HLA 적합성 인증시험체계를 구축한 이후에 합참 태극JOS성능개량모델 등을 포함하여 Table 1과 같이 8개 M&S체계에 대해 인증시험을 수행하였으며(H.J. Jo., 2015), 본 논문에서는 이중 합동작전지속모의모델에 대한 HLA 적합성 인증시험의 수행사례를 살펴보고자 한다.

4.2 합동작전지속모의모델 HLA 적합성 인증시험 절차

본 연구에서는 합동작전지속모의모델을 대상으로 HLA 적합성 인증시험을 수행하였다. 합동작전지속모의모델은 합동연습 시 태극JOS연동체계와 HLA/RTI를 이용하여

Table 1. The Lists of the Certified Federate

Federate Name (Certified date)	Standard/RTI
Tae-guuk Joint Operation Simulation(13.11)	HLA 1.3/ VTC v6.0
Counter Fire Simulation Model(14.5)	HLA 1.3/ VTC v7.0
Maritime Integrated Tactical Training System(15.4)	IEEE1516-2000/ MAK v4.3
KT-1 Simulator(15.6)	IEEE1516-2000/ MAK v4.3
Naval Combat Service Support Model(15.10)	HLA 1.3/ VTC v7.0
Joint Operation Sustainment Simulation Model(JOSSM)(16.3)	HLA 1.3/ VTC v7.0.2
Squad Combat Training Simulation System(16.4)	HLA 1.3/ MAK v4.4.1
Civil Military Operation Simulation Model(16.11)	HLA 1.3/ VTC v8.0

연동하여 작전지속 분야에 대해서 태극JOS모델과 연동 운용하고, 연합연습 시 한국군 위게임 연동체계와 연동하여 작전지속 분야에 대해서 각 군 전투모의모델과 연동 운용하여 합참 및 각 군 군수/인사 분야의 지휘관/참모의 실전적 작전지속분야 연습/훈련용 체계이다. 인증시험은 정적검사와 동적검사를 수행하였다. 인증시험에 앞서 대상체계의 관련된 HLA 산출물인 CS, SOM, FOM와 참고자료로 대상모델 개발사업 RFP 등을 제출받았다.

정적검사는 FCTT를 통해 CS, SOM, FOM 간 상호일 관성 및 표준 준수여부를 검사하였고, RFP에 명시되어있는 객체들을 모두 반영하여 SOM이 작성되었는지에 대한 확인도 실시하였다. 대상체계는 페더레이션 관리서비스 등 총 38개의 HLA 서비스를 사용하며, 25개의 객체 클래스 및 51개의 상호작용클래스로 구성되어 있었다. 정적검사에서 식별된 오류사항은 CS, SOM, FOM의 수정 후에 재검사를 통해 완료하였다. 정적검사 이후에 동적검사는 대상모델과 보조모델 그리고 HLA 적합성 인증시험 체계가 페더레이션을 구성한 후에 실시간 연동검사로 실시하였다. 인증시험체계가 페더레이션을 구성한 후, 대상 모델과 보조모델이 참여하였으며 대상모델과 보조모델은 38개의 HLA 서비스를 순차적으로 시험시나리오에 따라 발생시켰다. 객체관리 서비스 중 객체등록, 속성갱신, 상호작용 송수신의 경우 대상객체가 보유하고 있는 전체 객체클래스 및 상호작용클래스를 송수신하도록 하였다.

이때 동적검사는 FCTT를 통해 대상모델의 HLA 서비스 처리상태 및 객체클래스 및 상호작용 클래스 송수신 상황 등을 확인하고, KFMT를 통해 페더레이션에 대한 실시간 상태를 확인하였으며, 시간진행, 동기화 및 시간 통제기능 등을 활용하여 대상모델이 시간관리 서비스에 대해서도 정상 처리하는지 확인할 수 있었다. 대상모델의 HLA 서비스에 대한 정상적 처리여부를 확인한 이후에는 STAAR를 활용하여 인증시험 중 발생된 로그값을 분석하여 전 과정에서 송수신한 객체클래스, 상호작용클래스 및 속성값 등에 대해 데이터 값 분석을 실시하였다.

이러한 절차로 인증시험을 수행하였으며, 각 단계별로 오류사항을 발생 시에는 잠정적 중단 후 대상모델의 오류사항 수정 후에 페더레이션 재구축 및 인증시험을 재수행하였다. 단계별 오류사항은 다음 절에서 다루도록 한다.

4.3 합동작전지속모의모델 HLA 적합성인증시험 결과

합동작전지속모의모델에 대한 HLA 적합성 인증시험에 대해 단계별 세부 수행결과는 다음과 같다. 정적검사 수행결과, CS 관련 오류 1건과 SOM 관련 오류 3건이 식별되었으며, 동적검사에서 인터페이스 관련 오류 4건이 식별되었다. 인증시험 수행결과는 Figure 7과 같다.

		Detail Descriptions	Results
Static Test	Preview	- Review and Check Data	- Check 25 Object classes and 485 Attributes within SOM
	CS	- Syntax /Semantic - Consistency	- 1 Deficiency in CS ※ Errors Corrected
	SOM/FOM	- Syntax /Semantic - Consistency	- 3 Deficiencies in SOM ※ Errors Corrected
Dynamic Test	IF Test	- Create Federation - Conduct Connectivity Test	- 4 Errors in IF ※ Errors Corrected
Result		Success(Pass)	

Fig. 7. The Results of the JOSSM

정적시험에서는 FCTT를 통해 HLA 규칙 위배사항 등을 식별해 낼 수 있다. 대상모델의 SOM이 OMT 작성양식을 따르지 않았으며, 객체클래스는 객체별 특성에 따라 발행/구독(P/S) 설정과 하위 속성별 갱신/반영(U/R) 설정 없이 전체 객체 및 속성에 대해 일괄적으로 타입이 지정되어 있었다. 해당 오류사항들은 HLA 3대 구성요소 중

객체모델템플릿과 규칙 미준수에 따른 오류사항으로 볼 수 있으며, 수정토록 조치하였다. 또한 CS에서 해당모델이 사용하고 있는 함수 일부가 누락되어 작성되어있었다.

동적검사에서 식별된 오류사항들은 대상모델이 SOM 내 설정해둔 객체별 발행/구독 설정 값에 따라 객체들이 발행(P)일 경우 송신을 위해 선언하고, 구독(S)일 경우 수신에 대해 선언하고, 발행/구독(P/S)일 경우 송수신을 위해 선언이 이루어져야하는데, 실질적으로 페더레이션 내에서 대상체계가 전체 객체에 대해 구독/발행을 일괄적으로 선언하고 있음을 확인하였다. 이는 KFMT를 통해 객체별 발행/구독 선언 상태확인을 통해 식별해낼 수 있었다. HLA의 경우 구독/발행 데이터 캐스팅 방법을 활용함으로써 필요한 연동 환경 내에서 각 모델들이 필요한 객체 등의 정보에 대해서만 구독/발행 선언을 하고, 관련 정보만 공유가 이루어짐으로써 네트워크 전송량을 줄일 수 있도록 설계되어져있는데, 이에 대한 대상체계의 규칙 위배사항이므로 수정하도록 조치하였다. 동적검사의 또 다른 오류사항으로는 데이터타입 설정의 오류사항이 존재하였다. 상호작용 클래스 중 지상수송부대(Report.Attriction.Convoy)에 대해 송수신이 발생되지 않아서, 해당 클래스에 관한 송수신 여부 및 로그 값 분석을 KFMT와 STAAR를 통해 확인해보니, 대상체계에서 해당 클래스의 데이터 타입(Complex data type)을 잘못 구현해둔 오류사항을 식별할 수 있었다. 이 경우에는 사전 상호 협의된 데이터 타입으로 상호모델에 적용이 되어있어야 하는데, 상호 모델 간 데이터매핑이 다른 데이터타입으로 잘못 지정되어 있어서, 데이터를 송신하나 수신모델에서 해당 값을 정상적인 값으로 처리하지 못하는 오류사항이었다. 따라서 대상모델의 연동서버 내 데이터타입 매핑오류를 수정하도록 조치하였다. 최종적으로, 해당체계는 정적시험을 통해 CS, SOM, FOM의 상호일관성 및 표현적합성에서 적합 판정을 받고, 동적시험을 통해 HLA 함수 38종, 객체 25개의 갱신하는 속성 값 84개, 반영하는 속성 값 485개, 상호작용 송신 25종, 수신 36종에 대해 각 항목별 100% 정상 처리함을 최종 확인하였다.

이처럼 한국형 인증시험체계는 미측 인증시험체계에서의 세부적인 검토 및 분석이 불가한 부분에 대해 어떠한 객체 및 속성 값이 오류사항을 일으키고 있는지에 대한 세부적인 검증까지도 가능하며, 사후검토도구를 통한 송수신 데이터의 오류사항에 대한 검증이 가능함을 해당 사례 등을 통해 확인 할 수 있다.

5. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 한국형 HLA 적합성 인증시험체계를 구축하였으며, HLA 적합성 인증시험 수행절차를 정립하고 이를 활용하여 합동작전지속모의모델 대상으로 인증시험을 수행한 결과에 대해 논의하였다.

인증시험의 절차의 경우 크게 2단계로는 정적 및 동적 검사로 구성하였으며, 세부적으로는 5단계로 인증신청, 정적검사, 동적검사 준비, 동적검사, 인증서 발급 단계로 구분을 하였다. 그리고 미측에서 대외군사판매로 도입한 FCTT와 합참/연합사의 KSIMS 관리도구를 기술이전하여 성능개량을 통해 접목시킴으로써 보다 효과적이고 진화된 한국형 HLA 적합성 인증시험체계를 구축하였다. FCTT를 통해 HLA 규칙에 위배되는 오류사항 및 각 호출되는 함수와 객체 등에 대한 전시기능을 하며, KFMT를 활용한 페더레이션 관리 및 통제, STAAR를 활용한 송수신 데이터 수집 및 실시간 상황도 전시, FCC를 통한 실행계획 대비 오류사항 식별과 FCTT와의 교차검사 수행, SimTest를 활용하여 보조모델 지원 등을 수행하도록 각 체계를 성능개량을 통해 활용하였다.

또한 인증시험에 시험항목별 전수검사를 도입하고 한국형 HLA 적합성 인증시험체계 활용으로 HLA 서비스 전체에 대한 검사 및 데이터 검증을 가능케 함으로써 인증범위를 확장하였다.

그리고 최종적으로 대상체계를 활용하여 합동작전지속모의모델을 대상의 인증시험을 수행하였으며, 정적검사에서 4건과 동적검사에서 3건의 오류사항을 식별하였으며, 수정토록 조치하였다. KSIMS 관리도구를 적용한 인증시험체계를 활용함으로써, 데이터관련 오류사항을 추가적으로 식별할 수 있었으며 갱신이 누락되고 있는 속성값을 파악하여 관련 오류사항을 식별해낼 수 있었다.

향후 연구로는 보안 및 기술상의 문제 해결로 위계임 전용망 등을 활용한 WAN을 이용한 HLA 인증시험 환경 구축방안, HLA 신규표준 및 국산 개발 RTI 기반의 HLA 인증능력 확보 등에 대한 HLA 인증 발전방향을 연구하고, LVC 합성 전장 환경에 대한 표준적합성시험체계로의 발전방안을 연구할 예정이다.

References

- Frederick Kuhl(2000), Creating Computer Simulation Systems.
- Dahmann, Judith S., Jeffrey Olszewski, Richard Briggs,

Russell Richardson, and Richard M. Weatherly (1997), "High Level Architecture (HLA) Performance Framework.", Paper 97F-SIW-137, Simulation Interoperability Workshop.

NATO STANAG 4603(2008), "Modeling and Simulation Architecture Standards for technical interoperability: High Level Architecture(HLA)".

Jean-Louis, I., Pascal, C., Mark, C., H.P, M., Andrzej, N., Neil, S. and Philomena, Z.(2002) "NATO HLA Certification", Research and Technology Organization, TR, 050.

H.J. Jo(2014), "Development Strategy for HLA Compliance Testing system to improve interoperability of M&S", Development of the Defense M&S Seminar.

(조희진(2014), "M&S 자원 상호운용성 보장을 위한 HLA 적합성 인증시험체계 발전방안", 국방M&S발 전세미나)

Joseph Bondi(2013), FCTT Training, Internal Training for FMS.

H.J. Jo(2015), "Introduction of the HLA Compliance Test", HLA Compliance test workshop.

(조희진(2015), "HLA 적합성 인증시험 소개", 제1회 HLA 적합성 인증시험 워크숍)



조 희 진 (heejin@dtaq.re.kr, gmlwls2233@naver.com)

2011 전북대학교 반도체과학기술학과 학사

2013 광주과학기술원 신소재공학과 석사

2013~ LG이노텍 연구원 근무

2014~ 국방기술품질원 연구원 근무

관심분야 : 국방 M&S 분야



이 종 호 (lchongho@dtaq.re.kr, lchongho@nate.com)

1978 육군사관학교 관리학 학사

1988 미 해군대학원 운영분석(OR) 석사

1994 미 텍사스 A&M 대학교 산업공학 박사

2009 육군대령 예편(한미연합사 연합전투모의실 반장 및 실장 16년 근무)

1995~2012 고려대, 국방대, 광운대 강사 및 겸임교수 역임

2010~현재 국방기술품질원 수석연구원 근무

관심분야 : 국방 M&S 전 분야 (아키텍처, HLA 인증, LVC, VV&A, SBA 등)



김 재 만 (jman0601@dtaq.re.kr)

2005 연세대학교 전기전자공학부 학사

2007 연세대학교 전기전자공학과 석사

2015 연세대학교 전기전자공학과 박사

2015~ 국방기술품질원 선임연구원 근무

관심분야 : 국방 M&S 분야